

## PERENCANAAN STRUKTUR TAHAN GEMPA DENGAN METODE DRIFT SPEKTRA

Zet Mallisa \*

### Abstract

*This research discussed about the using drift spectra method in analyzing or calculate seismic load of a structure which is modelled as simple shear beam. The model can give useful information about internal deformation of a structure due to earthquake ground. To calculate soil response a synthetic earthquake with seismic acceleration of El Centro earthquake was applied to the site of region IV of Indonesia earthquake zone.*

*The research results showed that the difference inter-story drift which were obtained by both drift spectra method and response spectrum method with SAP 2000 for the five stories frame and seven stories frame is very small and not significant; the roof displacement for the five stories frame which obtained from drift spectra method i.e. 21.741 cm was quick the same as the roof displacement which was obtained by the response spectrum method using SAP 2000 i.e. 19.721 cm. Similar to the seven stories frame; the difference of roof displacement between the drift spectra method and response spectrum was not significant as well, where the roof displacement with drift spectra method is 34.84 cm while the response spectrum method gives 33.85 cm.*

*Drift and show that there are no significantly different of them.*

**Key word:** *Drift Spektra Method, Earthquake,*

### Abstrak

Penelitian ini membahas mengenai penggunaan metode drift Spektra dalam menganalisis atau menghitung beban gempa suatu struktur yang dimodelkan sebagai balok geser sederhana yang dapat memberikan informasi akan deformasi internal suatu struktur akibat gerakan tanah karena gempa.

Penelitian ini menggunakan portal 5 lantai dan 7 lantai sebagai contoh kasus atau contoh perhitungan. Untuk menghitung respons percepatan tanah maka diberikan gempa buatan dengan menggunakan respons percepatan gempa El Centro pada jenis tanah sedang yang terletak pada Wilayah Gempa IV.

Hasil perpindahan lantai yang diperoleh dari metode drift spektra dan respons spektrum dengan menggunakan program SAP 2000 untuk portal 5 lantai dan portal 7 lantai perbedaannya sangat kecil, yakni untuk portal 5 lantai perpindahan pada lantai atap dengan metode drift spektra adalah sebesar 21,741 cm, sedangkan hasil respon spektrum dari SAP 2000 diperoleh 19,7212 cm. Sedangkan untuk portal 7 lantai perbedaannya semakin kecil, dimana perpindahan yang dihasilkan dengan metode drift spektra sebesar 34,84 cm dan respons spektrum SAP 2000 sebesar 33,85 cm. Perbedaan drift antar lantai yang dihasilkan dari kedua metode tersebut tidak signifikan.

**Kata kunci:** *Metode Draft Spektra, Gempa.*

### 1. Pendahuluan

Walaupun pada saat ini sudah banyak metode yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu struktur di bawah beban dinamis, namun masih ada metode lain yang perlu

dikembangkan untuk perhitungan analisis dinamis, salah satu diantaranya yaitu metode drift spektra. Metode ini menggunakan persamaan gelombang yang terjadi pada suatu struktur yang dimodelkan sebagai balok geser, dimana perpindahan antar lantai dapat

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

dihitung dengan menyelesaikan persamaan gelombang tersebut dengan metode numerik. Metode ini menggunakan persamaan yang tidak rumit, karena hanya menggunakan persamaan penjumlahan dan perkalian biasa saja.

## 2. Studi Pustaka

### 2.1 Respon Struktur Linier Akibat Beban Gempa

Ada beberapa analisis yang biasa digunakan dalam penyelesaian persamaan dinamis akibat beban gempa, Khususnya untuk system linear. Diantaranya adalah analisis dinamis riwayat waktu ( *time history analysis* ) dan analisis respon spectrum ( *response spectrum analysis* ). Kedua analisis ini pada prinsipnya sama, hanya saja analisis riwayat waktu lebih rumit dan tidak praktis digunakan dalam mendesain struktur karena membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan respon spectrum waktu singkat dan sederhana.

### 2.2 Model Struktur Balok Geser

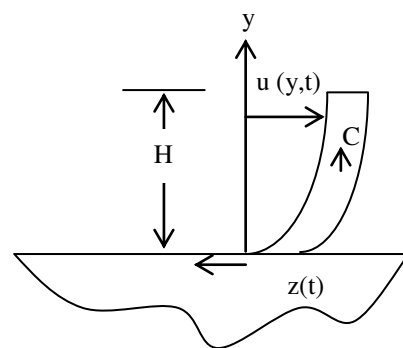
Model struktur balok-geser linier dipercaya dapat memenuhi informasi yang berguna tentang informasi internal struktur dari struktur yang terkena beban gempa dan merupakan model yang sederhana, Iwan, W.D, (1997). Perhatikan model sederhana yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tinggi struktur  $H$ , periode dasar  $T$ , dan fraksi redaman kritis  $\zeta$ . Perpindahan dasar balok-geser yang terkena gerakan tanah horizontal dinyatakan dengan  $z(t)$ , dan perpindahan struktur relative terhadap dasar dinyatakan dengan  $u(y,t)$ . Untuk model struktur kontinyu, perbandingan drift antar lantai akan berhubungan dengan rengangan-geser,  $\partial u / \partial y$ .

Permasalahan gelombang teredam dalam medium kontinyu satu dimensi, menuju kemasalah "telegraph", Iwan, W.D, (1997). Untuk gelombang teredam tidak tersebar, persamaan solusinya :

$$u(t)=e^{-\alpha t}\Phi(y\pm ct) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana  $\alpha$  = konstanta;  $\Phi(y\pm ct)$  = perambatan gelombang naik (+) atau turun (-) balok-geser; dan  $c$  = kecepatan gelombang. Hubungan kecepatan gelombang,  $c$ , periode dasar,  $T$ , dan tinggi balok-geser,  $H$ , dinyatakan sebagai berikut :

$$C = 4H/T \dots\dots\dots(2)$$



Gambar 1. Balok geser kontinyu

$$\alpha = 2\pi\zeta / T \dots\dots\dots(3)$$

Ambil  $h$  merupakan ketinggian sembarang diatas dasar balok-geser yang dinyatakan dalam variable tinggi tanpa dimensi,  $\beta$ , dimana:

$$h= \beta H: \beta \leq 1 \dots\dots\dots(4)$$

Juga  $v(t)$  menyatakan kecepatan riwayat waktu gerakan tanah. Yaitu  $v(t)=dz/ dt$

Kemudian, terapkan  $z(t)$  ke dasar balok-geser dan jumlahkan kontribusi penurunan gelombang perambatan naik dan turun balok, akan ditunjukkan persamaan rengangan-geser pada non dimensi tinggi  $\beta$  seperti pada persamaan 5.

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial \gamma}(h, t) = & \frac{1}{c} \left\{ e^{-\pi \beta \zeta / 2} \left[ v(t - \beta T / 4) + \frac{2\pi \zeta}{T} z(t - \beta T / 4) \right] \right. \\ & + \sum_{n=1}^{N \leq 2t/T - \beta/2} (-1)^n e^{-(n\pi + \beta/2)\zeta} \left[ v(t - nT/2 - \beta T / 4) + \frac{2\pi \zeta}{T} z(t - nT/2 - \beta T / 4) \right] \\ & \left. + \sum_{n=1}^{N \leq 2t/T - \beta/2} (-1)^n e^{-(n\pi + \beta/2)\zeta} \left[ v(t - nT/2 + \beta T / 4) + \frac{2\pi \zeta}{T} z(t - nT/2 + \beta T / 4) \right] \right\} \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

Suku dalam penjumlahan menyatakan super posisi dari kontribusi perambatan gelombang naik dan turun pada tinggi  $h$  dan waktu  $t$ , yang dibangkitkan oleh input dasar pada beberapa waktu sebelumnya. Interval yang lebih besar antara waktu sekarang dan sebelumnya, pembesaran akan melemahkan gelombang ini karena redaman. Oleh karena itu, suku dalam penjumlahan cenderung meningkat dalam besarnya seiring  $n$  meningkat.

### 2.3 Kebutuhan Drift Spectra antara lantai

Dengan analogi respon spektra nilai maksimum regangan geser akan menjadi pengukuran baru dari kebutuhan pergerakan  $z(t)$ . Regangan geser analogi ke perbandingan drift antar lantai pada bangunan. Nyatakan regangan geser atau perbandingan drift antara lantai maksimum dinyatakan dengan:

$$D = \max |\partial u / \partial y| \dots\dots\dots(6)$$

Hubungannya ke eksistensi tinggi lantai hingga dalam sistim diskrit, regangan geser akan memberikan aproksimasi dari drift antar lantai sistim diskrit. Regangan geser yang diperoleh dari model kontiniu dapat dirata-ratakan pada tinggi lantai jika variasi dalam regangan geser meliputi pada suatu lantai signifikan.

Dalam banyak kasus perbandingan drift antar lantai akan terjadi pada dasar struktur ( $\beta=0$ ). Dalam masalah ini, dapat dinyatakan dalam

fungsi  $T$  dan  $\zeta$  seperti pada persamaan 7.

$$D(T, \zeta) = \max \frac{T}{4H} \left| v(t) + \frac{2\pi}{T} z(t) + 2 \sum_{n=1}^{N \leq 2t/T} (-1)^n e^{-n\pi \zeta} \left[ v(t - nT/2) + \frac{2\pi \zeta}{T} z(t - nT/2) \right] \right| \dots\dots\dots(7)$$

Dalam hal ini, drift spektra secara actual lebih gampang dihitung dari respon spektra. Persamaan (7) dapat disederhanakan dengan mengamati regangan geser maksimum kebanyakan mirip hubungannya dengan waktu dalam eksitasi dimana  $v(t)$  maksimum. Singkatnya, peranan suku yang mengandung  $z(t)$  dalam persamaan (7) sepertinya kecil sehingga dapat dieliminasi. Maka persamaan (7) dapat dipromosikan sebagai berikut :

$$D(T, \zeta) \approx \max \frac{T}{4H} \left| v(t) + 2 \sum_{n=1}^{N \leq 2t/T} (-1)^n e^{-n\pi \zeta} v(t - nT/2) \right| \dots\dots\dots(8)$$

Drift spektra dan respon spektra elastik isinya berbeda tetapi berisikan informasi yang saling melengkapi tentang kebutuhan (*demand*) gempa. Respon spektra terutama terdiri dari informasi tentang kebutuhan perpindahan maksimum global atau percepatan, sedangkan drift spektra terdiri informasi tentang kebutuhan perbandingan drift antara lantai maksimum.

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua cara pengambilan data yakni dengan metode pustaka dari literatur yang ada hubunagannya dengan pembahasan tesis ini, serta metode pengambilan langsung dari tanah dari lokasi perencanaan (Kota Palu).

#### 3.1 Prosedur perhitungan

Setelah periode struktur didapat dengan menggunakan SAP 2000, dan respons spektrum tanah yang diperoleh dari EERA dengan redaman merupakan data yang digunakan untuk menghitung drift spektra atau perpindahan lantai. Dengan membagi persamaan 7 pada Bab II menjadi tiga persamaan yang lebih sederhana maka penyelesaian/perhitungan drift spektra lebih mudah diselesaikan. Adapun ketiga persamaan sederhana tyersebtu adalah suku pertama yang disimbolkan dengan :

$$X_1 = e^{-\pi\zeta/2} \left[ v(t - \beta T/4) + \frac{2\pi\zeta}{T} z(t - \beta T/4) \right] \dots\dots\dots(9)$$

suku kedua disimbolkan dengan :

$$X_2 = \sum_{n=1}^{N/2n/T-\beta/2} (-1)^n e^{-\pi(n+\beta/2)} \left[ v(t - nT/2 - \beta T/4) + \frac{2\pi\zeta}{T} z(t - nT/2 - \beta T/4) \right]$$

$$\dots\dots\dots(10)$$

dan terakhir suku ketiga disimbolkan dengan :

$$X_3 = \sum_{n=1}^{N/2n/T+\beta/2} (-1)^n e^{-\pi(n+\beta/2)} \left[ v(t - nT/2 + \beta T/4) + \frac{2\pi\zeta}{T} z(t - nT/2 - \beta T/4) \right] \dots\dots\dots(11)$$

Dengan menggabungkan kembali hasil X1,X2 dan X3 yang diperoleh pada persamaan (12), (13) dan (14) di atas ke persamaan (23) maka akan diperoleh perpindahan pada setiap lantai dan perpindahan maksimum pada lantai atap dengan rumus :

$$\partial u / \partial y = 1 / C(X_1 + X_2 + X_3) \dots\dots(12)$$

$$\Delta = \partial u / \partial y \times \text{Tinggi lantai} \dots\dots(13)$$

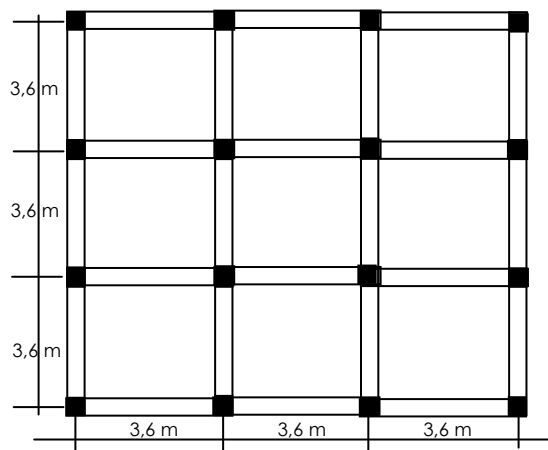
$$\Delta_{roof} = \Delta 1 + \Delta 2 + \Delta 3 + \Delta 4 + \Delta 5 \dots\dots(14)$$

### 4. Hasil dan Pembahasan

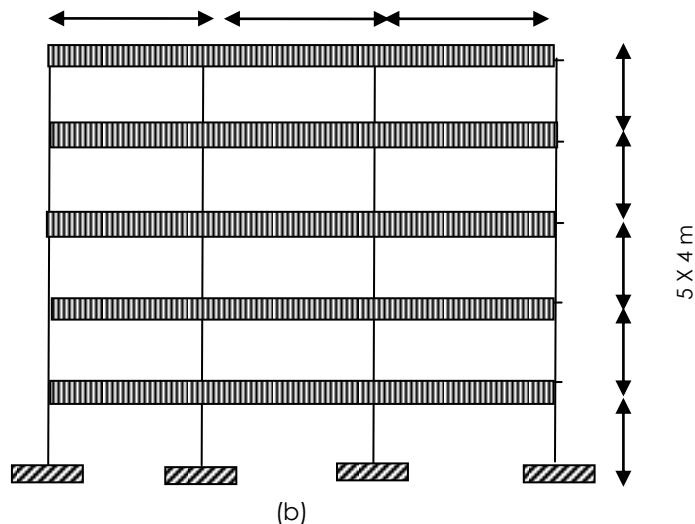
#### 4.1 Portal 5 dan 7 lantai (ditinjau sebagai portal bidang)

##### a. Perhitungan beban struktur

Portal struktur 5 lantai yang terletak diatas tanah menengah pada sona gempa wilayah IV dengan data-data seperti pada Gambar 2.



(a)



Gambar 2. (a), (b) Portal struktur lima lantai

b. Perhitungan Metode Drift Spektra Portal 5 lantai

Dengan menggunakan rumus-rumus yang telah dipaparkan pada bab II, dan prosedur perhitungan hasil running SAP 2000 pada bab III, langkah-langkah penyelesaiannya sebagai berikut :

- 1) Dari hasil *run* program SAP 2000 diperoleh  $T = 1,241$  detik
- 2) Tinggi total portal 5 lantai,  $H = 4 \text{ m} \times 5 = 20 \text{ m}$
- 3) Fraksi redaman,  $\zeta = 5\%$  (0,05)
- 4) Kecepatan perambatan gelombang,  $c = 10,12087 \text{ m/det}$
- 5) Perhitungan untuk lantai dasar :  $h = 0 \text{ m}$
- 6) Koefisien ketinggian :  $\beta = 0, 0,2, 0,4, 0,6 \text{ dan } 0,8$

Selanjutnya dilakukan perhitungan suku pertama  $X_1$ , suku kedua  $X_2$  dan suku ketiga  $X_3$  dengan persamaan (9), (10) dan (11) kemudian dihitung perpindahan maksimum lantai dengan persamaan (12, 13, 14). Perhitungan portal 7 lantai sama dengan portal 5 lantai pada perhitungan sebelumnya.

4.2 Hasil analisis

a. Portal 5 lantai

Dari hasil studi kasus untuk portal 5 lantai hasil perhitungan dengan metode drift spektra akan dibandingkan dengan analisis program SAP 2000 dan metode respon spektra dalam grafik pada Gambar 4. di bawah.

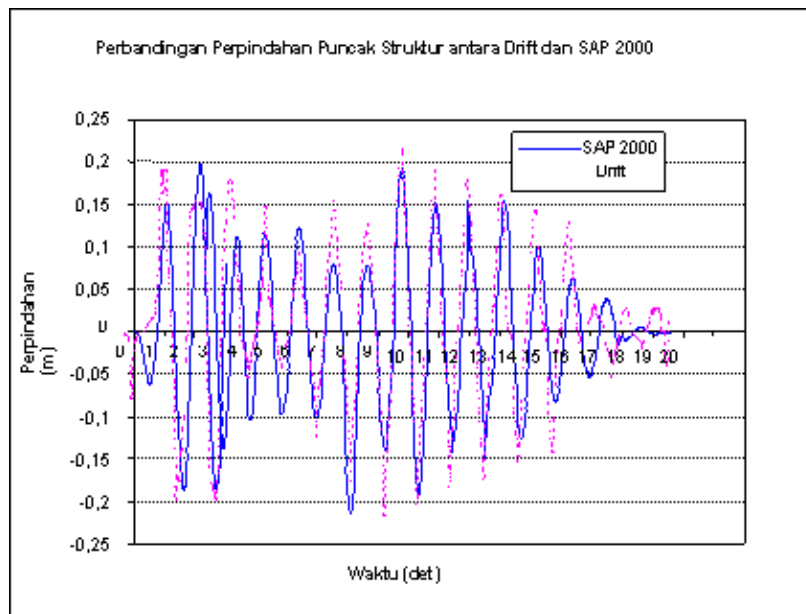
Pada Gambar 4. di bawah dapat dilihat bahwa dengan analisis program SAP 2000, perpindahan puncak struktur portal 5 lantai yang diperoleh sebesar : 19,72 cm, sedangkan dengan metode drift spektra diperoleh sebesar : 21,74 cm. Perbedaan kedua metode tersebut tidak terlalu signifikan 2,021 cm. Gambar 5. di bawah juga menunjukkan bahwa perpindahan antara lantai (*interstory drift*) dari kedua metode meningkat dengan semakin meningkatnya ketinggian lantai di atas tanah (jepitan lateral struktur) dan kenaikan bersifat linier.

Pada Gambar 5. di bawah dapat dilihat bahwa dengan analisis program SAP 2000, perpindahan puncak struktur portal 5 lantai yang diperoleh sebesar : 19,72 cm, sedang dengan metode drift spektra diperoleh sebesar : 21,74 cm. Berarti metode drift

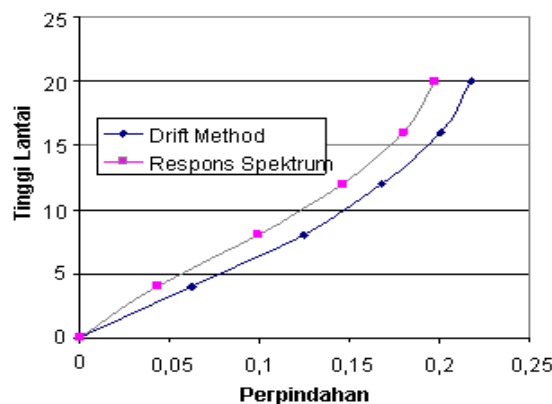
memberikan perpindahan puncak yang lebih, sebesar 2,021 cm. Perbedaan kedua metode tersebut tidak terlalu signifikan, dan meningkat dengan semakin meningkatnya ketinggian lantai di atas tanah (jepit lateral struktur) dan kenaikan bersifat linier.

Juga pada Tabel 1. di bawah diperlihatkan perbandingan hasil

perhitungan metode drift spectra dan respon spektrum menggunakan SAP 2000 pada setiap ketinggian lantai. Dengan nilai perpindahan yang lebih besar dari metode drift spectra, berarti masih tetap aman dalam penggunaan perpindahan struktur tahan gempa.



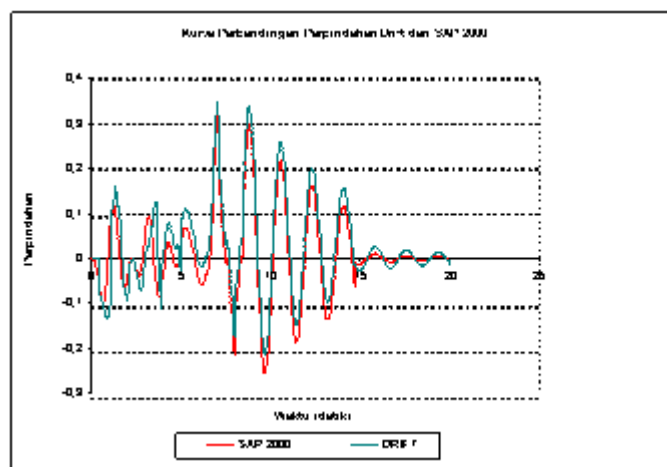
Gambar 4. Perbandingan perpindahan metode Drift Spektra dengan Respon Spektrum menggunakan SAP 2000 untuk portal 5 lantai .



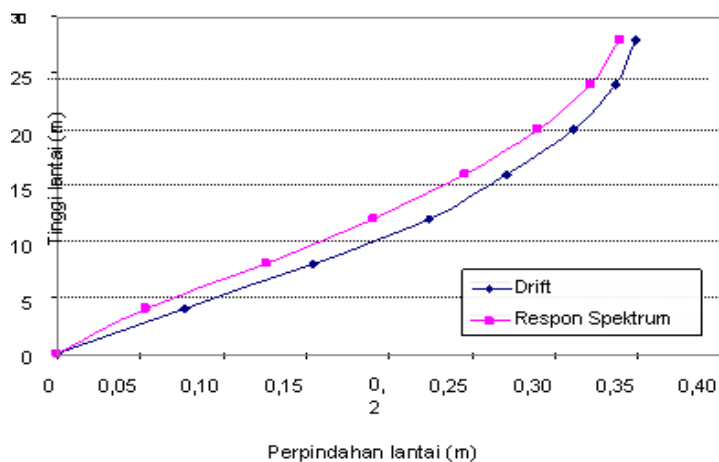
Gambar 5. Perbandingan perpindahan Setiap lantai maksimum antara metode drift spektra dan Respon Spektra menggunakan SAP 2000 untuk struktur portal 5 lantai.

Tabel 1. Perbandingan hasil perhitungan portal 5 lantai metode drift spektra dan respon spektrum menggunakan SAP 2000 untuk setiap ketinggian lantai.

Perpindahan (m)		Tinggi Lantai (m)
Drift Spektra	Respon Spektra	
0	0	0
0,06874186	0,043344	4
0,14077155	0,099373	8
0,18762835	0,146387	12
0,20054157	0,179727	16
0,21741388	0,197212	20



Gambar 6. Kurva perbandingan perpindahan puncak struktur portal 7 lantai antara metode drift spektra dan responspektrum menggunakan SAP 2000.



Gambar 7. Perbandingan perpindahan Setiap lantai maksimum antara metode drift spektra dan respon spektrum menggunakan SAP 2000 untuk struktur portal 7 lantai.

Tabel 2. Perbandingan hasil perhitungan metode drift spektra dan respon spektrum menggunakan SAP 2000 setiap lantai untuk portal 7 lantai

Perpindahan (m)		Tinggi Lantai (m)
Drift Spektra	Respon Spektra	
0	0	0
0,076881	0,053698	4
0,154130	0,125437	8
0,224214	0,190607	12
0,270867	0,245835	16
0,311615	0,290033	20
0,336502	0,321501	24
0,348390	0,338526	28

Dari gambar 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan analisis program SAP 2000, perpindahan puncak struktur portal 5 lantai sebesar : 19,72 cm, sedangkan dengan metode drift spektra perpindahan puncak maksimum portal 5 lantai sebesar : : 21,741 cm. Berarti terdapat perbedaan sebesar 2,021 cm.

b. Portal 7 lantai

Dari Gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa dengan analisis program SAP 2000, perpindahan puncak struktur portal 7 lantai sebesar : 33,8526 cm, sedangkan dengan metode drift spektra perpindahan puncak maksimum sebesar : 34,839 cm, perbedaan kedua metode tersebut tidak terlalu signifikan.

Perbedaan hasil yang diperoleh dari kedua metode tersebut tidak terlalu signifikan, Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari hasil pembahasan kedua metode tersebut di atas untuk portal 5 dan 7 lantai dapat dilihat bahwa bahwa perpindahan setiap ketinggian lantai pada Tabel 14 dan Tabel 15 nilai perpindahan seiring meningkatnya pada setiap titik ketinggian lantai, kenaikan tersebut bersifat linier, namun terdapat perbedaan perpindahan pada setiap ketinggian lantai yang tidak signifikan. Dimana perpindahan puncak struktur pada metode drift spektra lebih besar yakni : 21,74 cm untuk portal 5

lantai dan 34,84 cm untuk portal 7 lantai, sedang metode responspektra sebesar : 19,72 cm portal 5 lantai dan 33,8526 cm portal 7 lantai.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil studi kasus dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Terdapat perbedaan yang cukup kecil hasil perhitungan perpindahan antara metode drift spektra dan respon spektrum dengan menggunakan program SAP 2000, dengan perbedaan yang cukup kecil, sehingga lebih meyakinkan bahwa metode drift spectra masih tetap aman dan dapat digunakan untuk perencanaan struktur tahan gempa, dimana sekitar 2,02 cm perbedaannya yakni metode drift spektra : 21,74 cm dan respon spektrum : 19,72 cm untuk portal 5 lantai sedangkan pada portal 7 lantai perbedaannya semakin kecil, sekitar 0,99 cm yakni metode drift spektra : 34,84 cm dan respon spektrum dengan menggunakan program SAP 2000 : 33,85 cm, perbedaan hasil kedua metode tersebut tidak signifikan.
- 2) Metode drift spektra dapat memberikan informasi yang lebih detail dibandingkan dengan metode respon spektrum yang sudah umum digunakan karena hasil



analisis dengan metode drift spektra dapat memberikan informasi tentang deformasi yang dialami struktur pada setiap titik ketinggian sementara deformasi struktur yang didapatkan dari metode respon spektrum hanya deformasi pada pusat massa saja.

## 5.2 Saran

- 1) Penerapan metode drift spektra perlu ditinjau untuk aplikasi analisis inelastik pada struktur, serta penentuan pemakaian fraksi redaman pengganti yang akan digunakan, karena fraksi redaman yang penulis sajikan hanya digunakan untuk analisis elastis.
- 2) Untuk menganalisis suatu struktur dibawah beban dinamik (beban gempa) dengan metode drift spectra perlu adanya penelitian lanjut pada struktur portal yang lebih tinggi dari 7 lantai, untuk melihat perilaku deformasi struktur tersebut.

## 6. Daftar Pustaka

- Andriono, T., dan G. Kusuma, 1994 "Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa", Erlangga Jakarta.
- Anonimous, 1987, "Pedoman Perencanaan Tahan Gempa untuk Rumah dan Gedung, SKBI - 1.3.53 1987", Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta Oktober.
- Anonimous, 1994., "Structure Engineering Design Provision, (1994)., Vol. 2, International Conference of Building Officials.
- Anonimous, 1995. Katalog Kegempaan Di Indonesia, Wilayah Sulawesi Tengah Seksi Seismotektonik, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, P.P.P.G., Ed, Bandung, 7pp.
- Anonimous, 2002, "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI - 1726 - 2002", Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pemukiman, Bandung April 2002.
- Anonimous, 2002, Badan Penelitian dan Pengembangan Permukiman dan Prasarana Wilayah, PPPTP, 2002, "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk
- Bardet, J.P., Ichii, K. dan C. H Lin., 2000 "Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits" Department of Civil Engineering, University of Southern California.
- Borcherdt, R. D., 1994, "Estimates of Site-Dependent Response Spektra for Design Methodology and Justification)", Earthquake Spectra, Vol. 10, No. 4.
- Gunawan T. dan Margaret. S, 1994 "Perencanaan Struktur Tahan Gempa", Teori dan Penyelesaian, Delta Teknik Jakarta Juni.
- Iwan, W.D, 1997 "Drift Spektra : Measure of Demand for Earthquake Ground Motions", Jurnal of structural Engineering, Vol. 123, 4 April.
- SAP, 2000 Nonlinier 2002 "Analysis Reference Manual", Computers and Structures, Inc. Berkeley, California, USA, versi 8.08
- Tjokrodinuljo K 1993, Teknik Gempa : Buku Ajar Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Widodo 2000 "Respon Dinamik Struktur Elastik" , UII Press Jogjakarta.